



ISSN 1677-8464

Sistema de Informações Geográficas – SIG/SPRING para Modelagem e Espacialização de Dados de Fertilidade do Solo

Amarindo Fausto Soares¹

As diversas atividades envolvidas nos processos produtivos sempre demandaram um planejamento dada a sua complexidade ao interagir com a natureza, necessitando cada vez mais de um rígido controle de execução, visto estarem intrinsecamente ligadas entre si, à questão econômica e principalmente à ambiental.

A ampliação do espaço agrícola do País, vem ocorrendo anualmente com extensas áreas de cultivo sendo trabalhadas, exigindo para isso, uma agricultura mecanizada moderna, sofisticada e pesada, executando a maior parte dessas tarefas, minimizando muito o esforço do homem nesse sentido.

Todo esse processo de desenvolvimento, vem acarretando única e exclusivamente o aumento quantitativo da nossa produção agrícola, desconsiderando a qualidade dos produtos, ocasionando severas agressões ao ambiente.

Esses fatos, vem exigindo atenção especial, considerando a progressiva perda de mercado, no âmbito internacional, de nossos produtos, considerando a grande competitividade que vem ocorrendo, devido as exigências mundiais para uma agricultura ecológica.

gicamente correta. Em vista disso, surge a necessidade urgente para a adoção de um novo paradigma na agricultura, utilizando o conceito de manejo “*sítio específico*”, apoiado na racionalização e gerenciamento dos processos agropecuários, com a utilização de sofisticadas técnicas de sensoriamento remoto, geoprocessamento.

É cada vez maior, a utilização dessas ferramentas na otimização das diversas atividades agrícolas, exigindo de técnicos, pesquisadores e agricultores investimentos em equipamentos de tecnologia de ponta, reciclagem de conhecimentos, mudança de suas rotinas de trabalho, visando encarar esse novo paradigma de agricultura.

A agricultura de precisão para que possa funcionar satisfatoriamente, necessita formar um acervo de informações de fácil busca, recuperação e processamento, para que possam ser feitas simulações no sentido de bem orientar o agricultor.

A aquisição de equipamentos, adoção de rotinas hierarquizadas categoricamente, voltadas ao geoprocessamento são atitudes importantes a serem tomadas.

¹ Eng. Agr., M.Sc. em Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, Pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária, Caixa Postal 6041, Barão Geraldo, 13083-970 – Campinas, SP. (email: fausto@cnptia.embrapa.br)

O objetivo do presente trabalho é descrever alguns procedimentos de geoprocessamento, utilizando o SPRING (Sistema de Processamento de Informação Georreferenciada, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE) voltado para aplicações em dados do Projeto Prodetab 030-01/99 e SEP 12.1999.021-01 e 03 de uma metodologia, utilizada em área experimental da Embrapa Milho e Sorgo, no Município de Sete Lagoas no Estado de Minas Gerais, possibilitando divulgar, colaborar e envolver grupos de interesses semelhantes.

Material e Métodos

Os materiais utilizados foram dados coletados em um pivot central com 750m, de diâmetro aproximadamente (Fig. 1). Constam de uma malha de aproximadamente 650 pontos, distantes 30m cada um, coletados com auxílio do Global Positioning System – GPS, contendo informações de coordenadas geográficas, altitude, parâmetros de solos e outros.

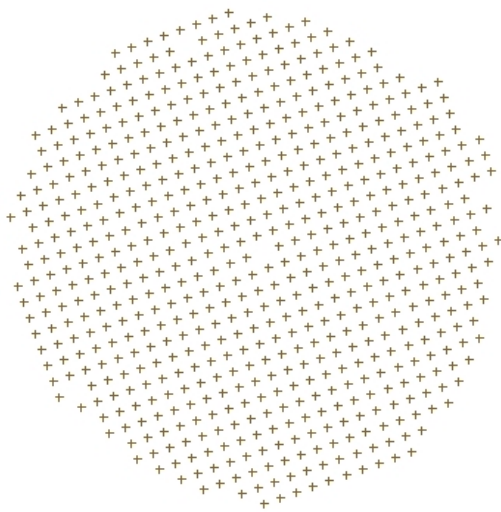


Fig. 1. Esquema do pivot central com os pontos onde foram coletados dados amostrais.

Os parâmetros de solos coletados juntamente com as coordenadas e altitudes são:

- pH;
- Hidrogênio+Alumínio ou Acidez Potencial (H+Al);
- Alumínio (Al);
- Cálcio (Ca);
- Magnésio (Mg);
- Fósforo (P);
- Potássio (K);
- Matéria Orgânica (MO);
- Saturação com o Alumínio (Sat.Al);

- Soma de Bases (S);
- Capacidade de Troca de Cátions (CTC ou T);
- Saturação por bases (V%);
- Dosagens de Calcário, Fósforo e Potássio;

Esses parâmetros foram analisados no laboratório de solos e seus resultados foram digitados em planilhas eletrônicas (Fig. 2), constituindo-se arquivos .xls, que após sua conversão, serão aplicadas técnicas de Geoprocessamento com a utilização de Sistemas de Informação Geográfica para sua espacialização e cruzamento objetivando a geração de mapas de prescrição.

Esses arquivos, com extensão xls, contendo a planilha com os pontos, foram convertidos no Excell para texto separado por tabulação .txt, (Fig. 3), sendo posteriormente associado, a cada um dos parâmetros mencionados, suas coordenadas e salvadas no formato .spr específico do Spring, aptas a serem importadas.

Fig. 2. Planilha eletrônica onde foram registradas as coordenadas dos pontos de coleta e seus resultados analítico.

Fig. 3. Planilha eletrônica convertida de xls para txt dos pontos de coleta e seus resultados analítico.

Cada projeto utilizando geoprocessamento, possui suas peculiaridades envolvendo tarefas intermediárias visan-

do compatibilizar os diversos formatos de dados oriundos de diversos equipamentos, para que sejam manipulados dentro de um único sistema. No presente estudo, estamos operando com os seguintes dados:

- amostras de aproximadamente 730 pontos coletados com auxílio de Global Positioning System – GPS, contendo coordenadas, altitude, parâmetros químicos de solos, incidência de ervas daninhas, compactação do solo e fatores intrínsecos da planta;
- dados de 20.000 pontos obtidos da colheitadeira da produção da cultura, inclusive considerando e tratando estatisticamente os pontos de manobra do trator, para que não produzam dados errôneos;
- alguns dados coletados e anotados em planilhas Excell e outros em arquivos específicos dos equipamentos utilizados, que necessitam ter processos minuciosos e trabalhosos para que possamos operar sem grandes problemas no SPRING.

Geoprocessamento

Pode ser definido como um conjunto de tecnologias, em ambiente computacional, envolvendo a coleta, conversão, manipulação e tratamento de um grande número de informações espaciais, de caráter variável, com um objetivo específico (Inpe, 2000b).

Envolve também uma relação inter e multidisciplinar científica com contribuição de e/ou para muitas áreas do conhecimento, dentre elas, para o objetivo do presente trabalho, poderão ser citadas a Estatística/Geoestatística, Inteligência Artificial e outros, elaborando modelos e métodos de análise de dados, verificando a qualidade durante o processamento, como também observar dados disponíveis no espaço e tentar explicar o comportamento com algum outro fenômeno espacial. Da mesma forma, a inteligência artificial tenta simular a Inteligência Humana em quase todos os seus processos.

O geoprocessamento foi idealizado e criado dentro de um complexo conjunto de conceitos análogos do mundo real para que possamos associar os diversos tipos de dados que serão manipulados e assim definir o modelo do banco de dados que consiste em criar categorias para os dados.

Dessa maneira, as atividades que envolvem o geoprocessamento são executadas por sistemas específicos para cada aplicação. Estes sistemas são comumente tratados como Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

Um sistema de geoprocessamento, para ser tratado como tal, necessita que a informação seja posicionada geograficamente (georreferenciada), desde a sua coleta, procedendo a conversão da natureza da informação e sua representação, até a geração de saídas na forma de mapas convencionais, relatórios, arquivos digitais, etc.; devendo prever recursos para sua estocagem, gerenciamento, manipulação e análise.

Com a evolução da tecnologia de geoprocessamento e de softwares gráficos, vários termos surgiram para as várias especialidades. O nome Sistemas de Informação Geográfica (ou Geographic Information System - GIS) é muito utilizado e em muitos casos é confundido com geoprocessamento. O geoprocessamento é o conceito mais abrangente e representa qualquer tipo de processamento de dados georreferenciados, enquanto um SIG processa dados gráficos e não gráficos (alfanuméricos), como exemplo no que se está processando dados alfanuméricos de localização e variáveis de planilhas e convertendo em formato do Spring para posterior espacialização, sendo no caso, dada ênfase às análises espaciais e modelagens de superfícies.

Representação Vetorial: é a tentativa de reproduzir, com bastante fidelidade, qualquer elemento gráfico de um mapa. O Ponto é a unidade de representação que é feita através de suas coordenadas x, y. Dois pares de Pontos compõe uma Linha. Um conjunto de coordenadas, compondo uma linha, fechando uma área denominamos Polígono (Fig. 4).

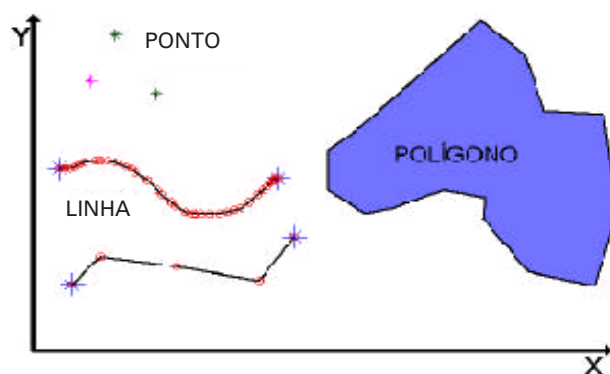


Fig. 4. Elementos de representação vetorial.

Fonte: Inpe (2000b).

Representação Matricial ou Raster: é a maneira de reproduzir esses elementos em uma malha de células (Fig. 5), ficando cada célula associada a um atributo, de tal forma que o computador sabe que determinada célula pertence a um determinado elemento ou objeto. Na verdade essa representação vem a ser a fragmentação de qualquer outro objeto em uma malha de células quadradas.

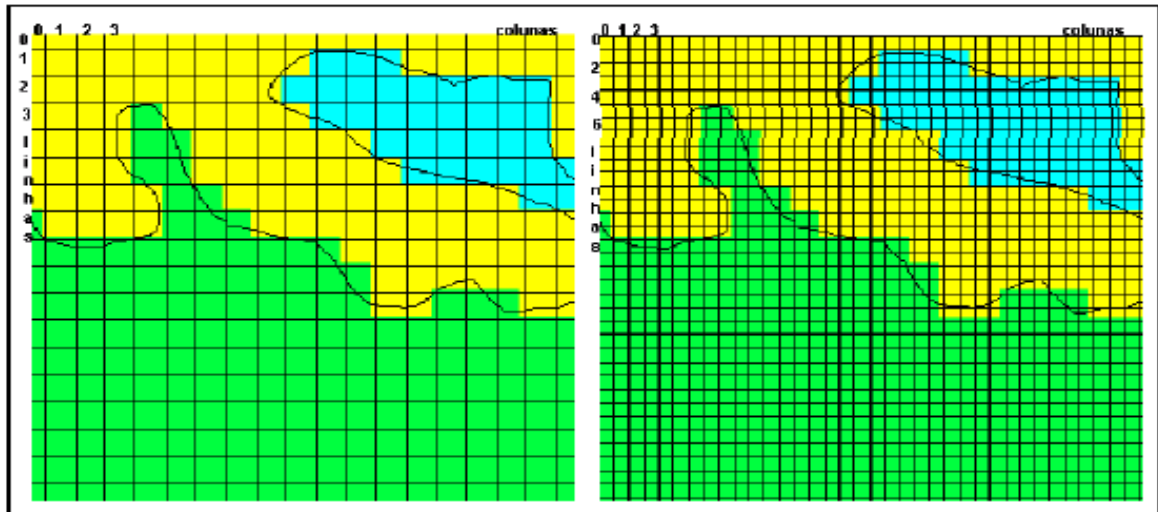


Fig. 5. Diferentes resoluções de representações matriciais. A esquerda é quatro vezes menor que a direita.

Fonte: Inpe (2000b).

Sistemas de Informações Geográficas - SIG/SPRING

São ferramentas computacionais utilizadas em geoprocessamento, que processam dados gráficos e não gráficos dando ênfase em análise espacial e modelagem de superfície. Segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, o geoprocessamento é o conceito mais amplo representando qualquer tipo de processamento de dados, enquanto o SIG vem a ser uma parte. Por outro lado, o SIG é um sistema, tendo o SPRING, MapInfo, Idrisi, ArcView, ArcInfo, etc., softwares, como veículo.

Embora exista uma grande quantidade de dados coletados no Brasil, há uma enorme carência de informações adequadas a tomada de decisões para problemas urbanos, rurais e ambientais.

No início dos anos 80, o Dr. Roger Tomlinson, criador do primeiro SIG (Canadian Geographical Information System), veio ao Brasil incentivar a criação de grupos interessados na tecnologia. Foram criados vários grupos entre eles o INPE, em 1984, iniciou o desenvolvimento do Sistema de Tratamento de Imagens – SITIM e o Sistema Geográfico de Informação – SGI para ambiente PC/DOS que logo em seguida, em 1991, através de uma parceria com a Embrapa Informática Agropecuária, evoluiu para o Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas – SPRING para ambientes UNIX e MS/Windows, unificando os dois sistemas num só (Inpe, 2000a).

O SPRING pode ser tratado como um Banco de Dados Geográfico por ter sido concebido com todos os ferramentais de um sistema de informação dentro de estrutura de banco de dados relacional, possui também um módulo geoestatístico, um de álgebra de mapas LEGAL e pode contribuir para o seu aperfeiçoamento em agricultura de precisão.

Esquema Modular: compõe-se de quatro programas, com funcionalidades complementares

SPRING

Impima – importa e converte de imagens para GRIB (Gridded Binnary) do Spring

Spring - executa tarefas de processamento de imagens, análise espacial, estatística, geoestatística, e álgebra de mapa

Scarta – executa a arte final do mapa, como, legendas, moldura, título etc.

Iplot - converte arquivos do Scarta para ipl, p/ imprimir em plotter (A₀ ao A₄)

Esquema Conceitual: vale lembrar e ressaltar que o geoprocessamento envolve um complexo conjunto de conceitos funcionais e operacionais, associados aos diversos tipos de dados que serão manipulados, definindo dessa maneira os diversos modelos de dados e categorias que irão compor o banco de dados.

Para que possamos entender o processo, considerando a complexidade da abordagem, precisamos assimilar que o geoprocessamento se propõe a manipular, modelar e representar variáveis do mundo real, através de um modelo simplificado de dados, num sistema informatizado.

Dentro do processo de modelagem e espacialização de dados, temos que considerar que estamos utilizando dados com variação contínua de valores numéricos em uma superfície, sugerindo uma modela-

gem numérica de terreno. Dessa maneira, tem-se que converter os tipos de dados em formato digital, para que se possa operar em ambiente computacional dentro do Spring.

Esquema Operacional

O Spring possui uma tela inicial principal de onde se originarão todas as outras, com todas as opções para iniciar suas operações (Fig. 6).

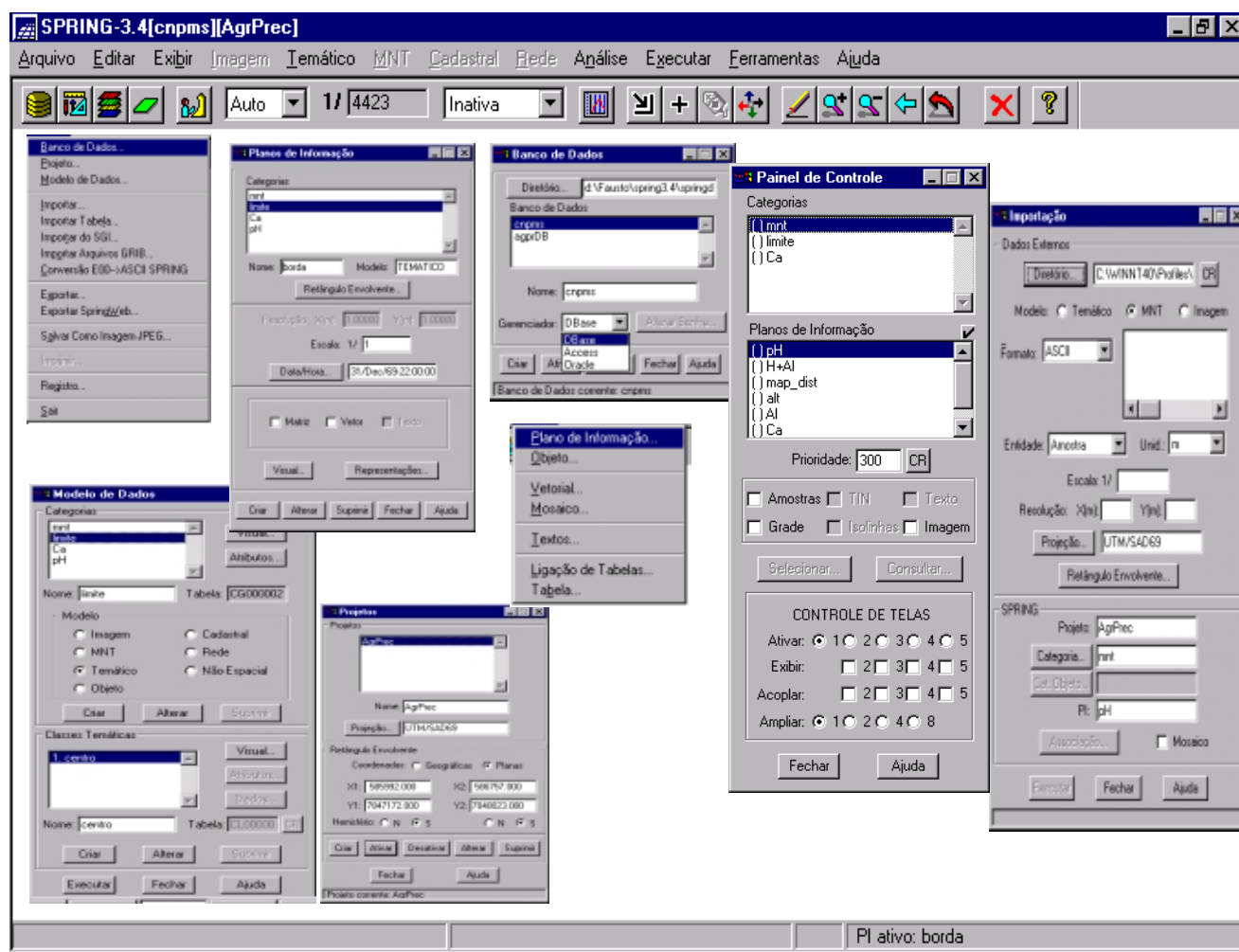


Fig. 6. Janela principal do Spring com algumas opções para iniciar tarefas por ele executadas.

Importar: é uma tarefa do SPRING, responsável pela importação dos dados, que serão manipulados. Esse processo exige previamente, a definição das Categorias/Modelos e Classes.

Como falado anteriormente, todos os arquivos deverão ser convertidos para o formato padrão .spr do

Spring, para que dessa maneira possam ser manipulados dentro do ambiente. Para que se possa manipular todos os arquivos convertidos, é necessário importá-los, direcionando em seus modelos, formatos, enfim, preenchendo todas as requisitos para enquadrá-lo dentro do programa (Fig. 7).

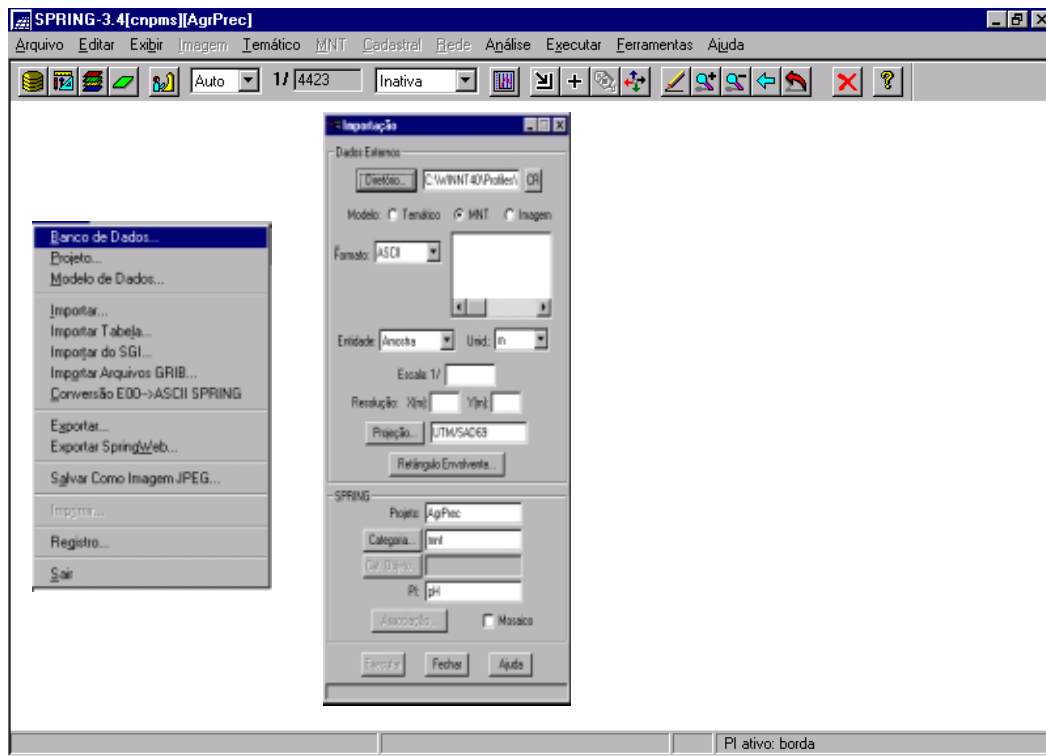


Fig. 7. Janela principal do Spring com opção para iniciar importação de arquivos.

Criação e Manipulação do Banco de Dados: o Banco de Dados do Spring trabalha com gerenciadores CodeBase (Dbase4), Access já instalados e Oracle que deve ser operado em outro servidor. Nessa fase deve-se definir cuidadosamente a hierarquização categórica do processo. É muito importante também, já ter em mente a defi-

nição do Modelo de Dados, declarando nessa modelagem, as categorias de dados que servirão de suporte aos Planos de Informação – PIs em que se irá trabalhar. Dessa maneira, o Banco de Dados possui uma estrutura Banco/Modelo → Projeto → Categorias/PI bem definidos e armazenados em diretórios (Fig. 8).

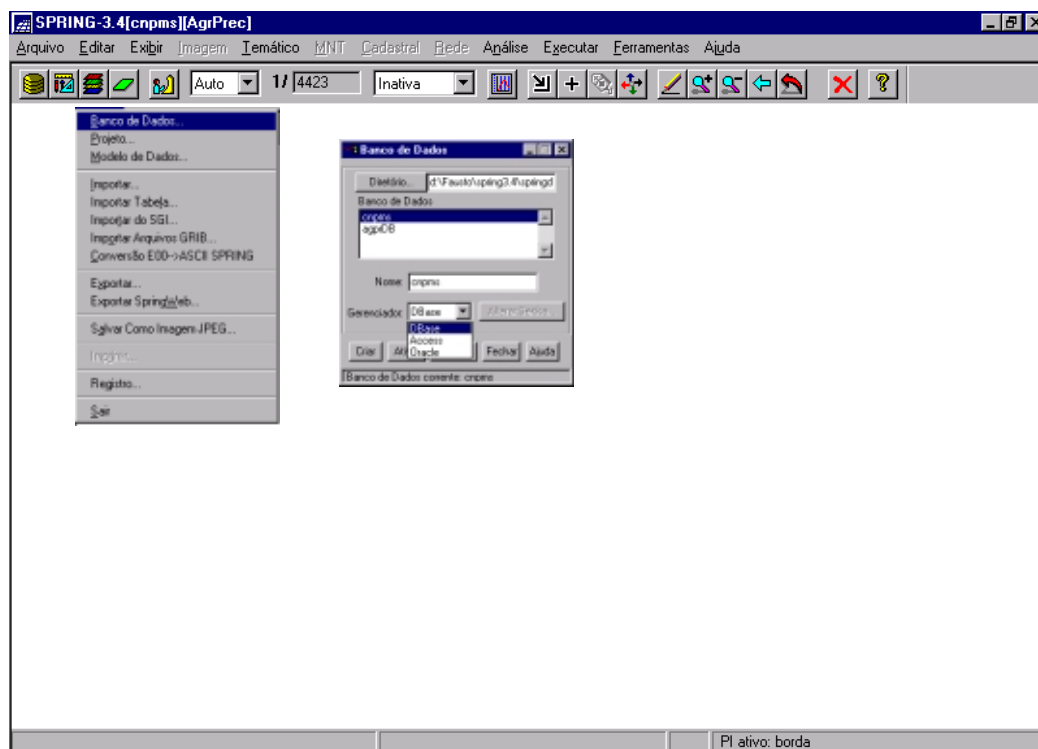


Fig. 8. Janela principal do Spring abrindo opções para criação de banco de dados.

Criação e Manipulação do Projeto: é a área, região onde vai se desenvolver o estudo, já tem definidos os limites geográficos, Retângulo Envolvente, quatro pontos com coordenadas geográficas ou planas, como também o Sistema de Projeção, que no Brasil utiliza-se o UTM –

Universal Transversa de Mercator, utilizando o datum SAD 69 (South American Datum), escolhendo-se o meridiano central do fuso UTM da área. Nesse estágio já se pode entrar com dados no sistema. O Projeto é armazenado em subdiretório abaixo do banco (Fig. 9).

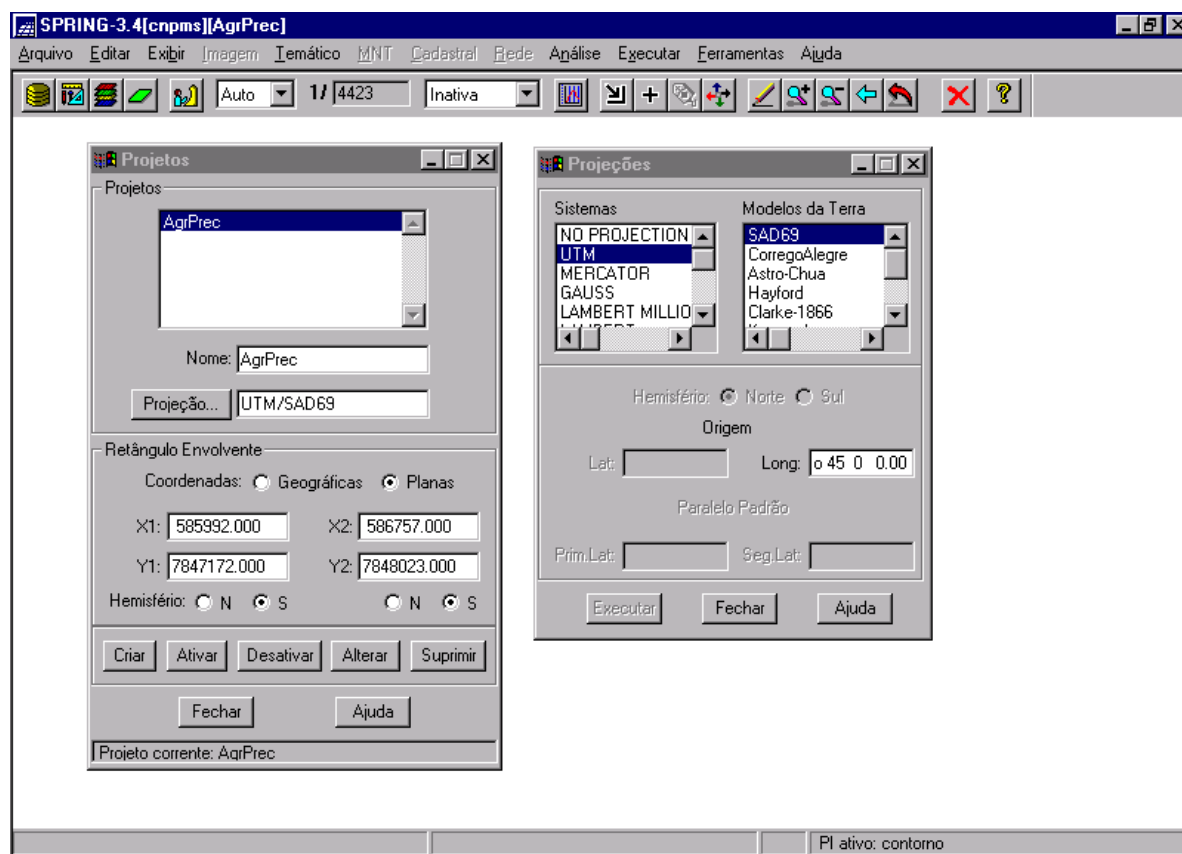


Fig. 9. Janela principal do Spring abrindo opções para criação de projeto, sua Projeção Cartográfica, Datum e meridiano de origem do projeto contendo a área.

Criação do(s) Plano(s) de Informação – PI: conjunto de dados com características comuns e que estão associadas a uma categoria/modelo (temático, numérico, etc.), deve ter um retângulo envolvente menor ou igual ao do Projeto (Inpe, 2000b) e uma escala e resolução compatíveis com os dados.

Escolha do Modelo de Dados: é uma tarefa decisiva que deve ser feita antes de introduzir qualquer dado no SPRING. Consiste na escolha e criação da categoria do dado a ser manipulado dando origem ao Plano de Informação – PI que é um produto intermediário do processo, podendo sofrer novas manipulações, dependendo da categoria do PI. Possui os seguintes modelos de dados que irão dar origem a categoria do PI (Fig. 10).

Imagens: são modelo de dados utilizados quando se está operando com imagens de sensoriamento remoto tipo Landsat, Spot, NOAA, etc.

Modelo Numérico de Terreno - MNT: utiliza-se quando estamos representando e espacializando uma grandeza variável, tipo altitude, pH, Ca, Mg, etc. Como só dispõe-se de alguns pontos com valores, torna-se necessário lançar esses valores numa grade e através de interpoladores tentar modelar esses valores numa superfície. Cada ponto possui três valores, coordenadas x, y, e o atributo ou valor z, variável que estamos espacializando. Para modelagem, têm-se os seguintes tipos de grades:

- **grades regulares:** representação matricial através de números e/ou imagem, onde cada elemento da matriz, está associado a um valor numérico (Fig. 11 e 13), torna-se necessário estimar, com interpoladores matemáticos, o valor da célula que não possui valor. São muito utilizadas para representações 3D, devido a facilidade de manuseio computacional;

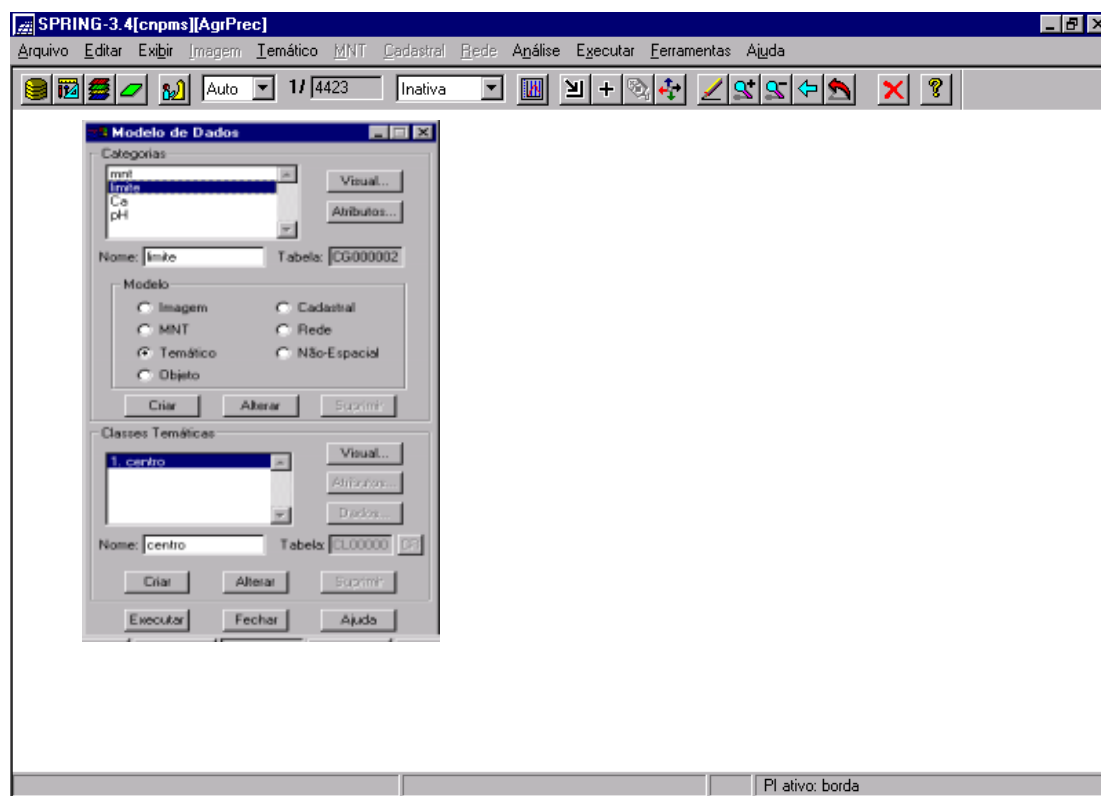


Fig. 10. Janela principal do Spring com opção de seleção de modelo de dados.

- *grades triangulares TIN*: estrutura utilizando um conjunto de triângulos interligados face a face para cada um dos três vértices da face do triângulo são armazenadas as coordenadas x, y e o atributo z (Fig. 10). Quanto mais equilátero os triângulos maior exatidão se descreve a superfície, são melhores para representar as variações do dado.

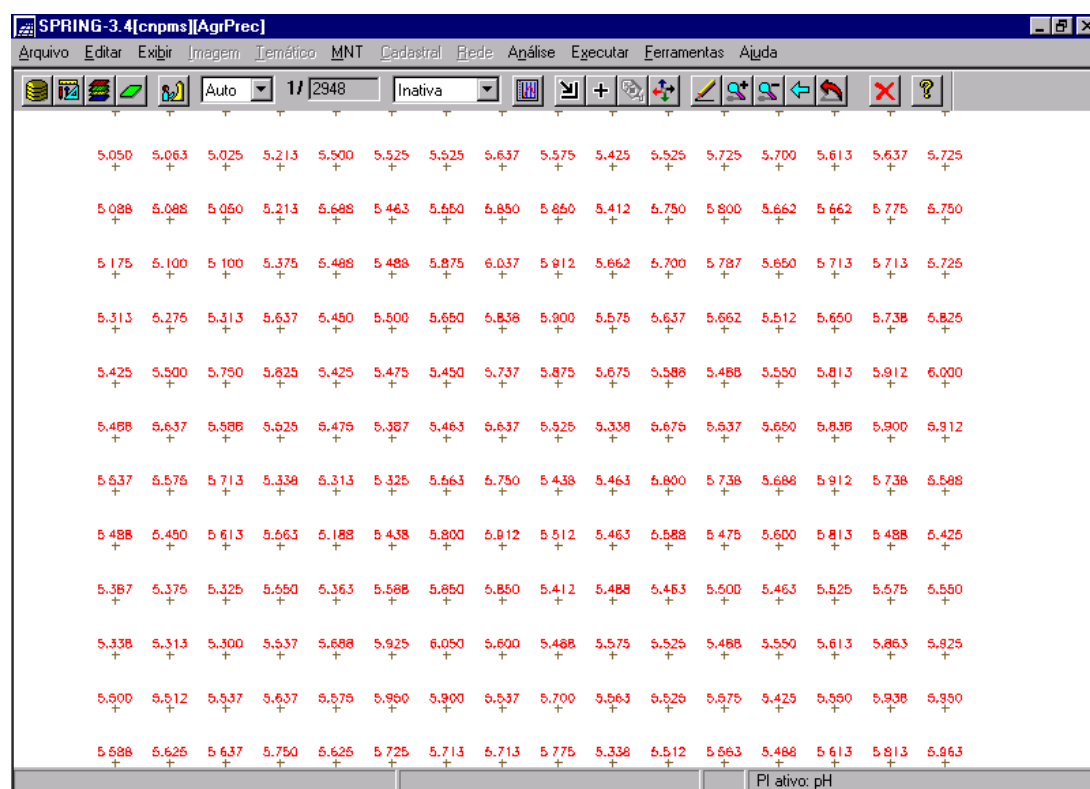


Fig. 11. Grade regular gerada com opção de representação através de uma matriz numérica.

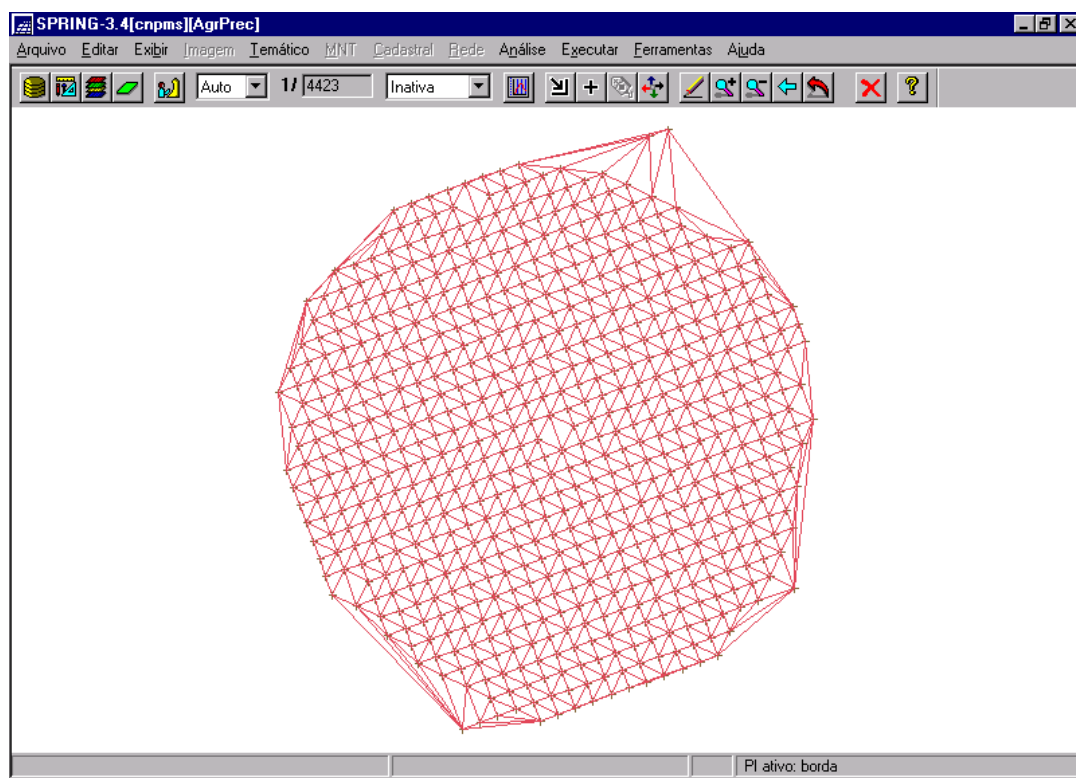


Fig. 12. Grade triangular gerada.

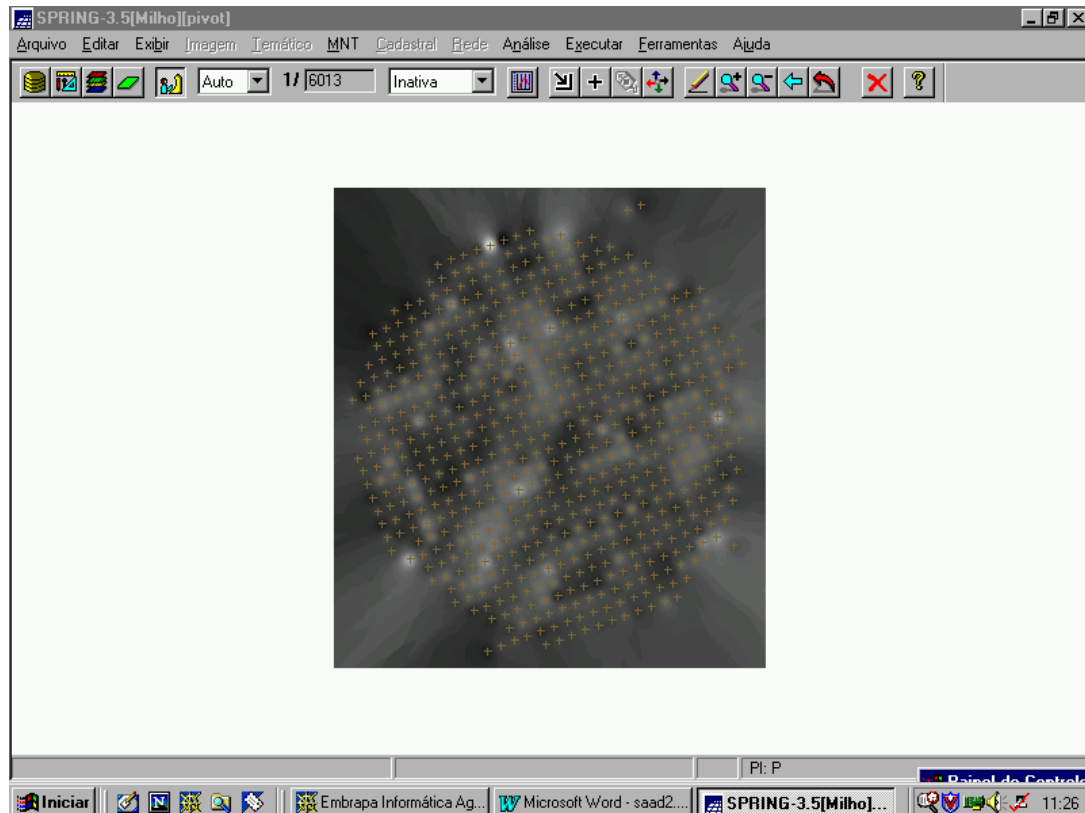


Fig. 13. Grade regular gerada com opção de representação imagem.

Fatiamento é um produto de MNT que consiste em fatiar determinados intervalos de valores da variável modelada, resultando uma imagem temática a partir de uma grade retangular, onde cada fatia está associada a uma classe temática, ou seja, os temas dessa imagem temática resultante correspondem a intervalos de valores de cotas, chamados no SPRING de fatias (Fig. 14).

Um Plano de Informação de categoria numérica pode ser transformado num Plano de Informação de cate-

goria temática gerando um produto particular do modelo numérico de terreno.

Temática: categoria de modelo que se refere a dados que ocupam uma posição geográfica quanto a um determinado Tema, isto é, a distribuição espacial ou espacialização de uma grandeza geográfica qualitativa ou temática.

Classe: subdivisão da categoria Temática, considerada uma especialização.

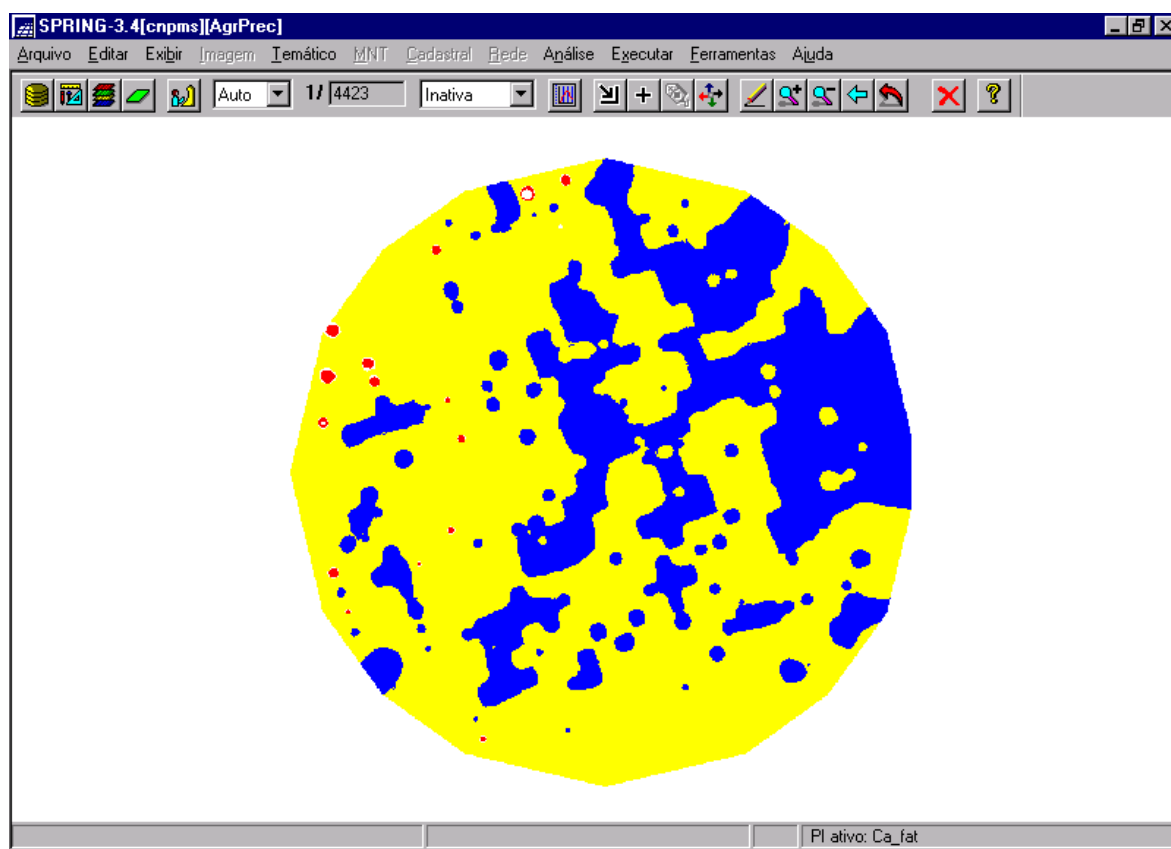


Fig. 14. Fatiamento, e criação de uma categoria Temática cujos teores de Cálcio são as classes diferenciadas e espacializadas em cores.

Objeto: modelo de dado de variável artificial, referindo-se a uma especialização de um tipo de objeto geográfico como município, logradouro, propriedades, etc.

Mapa Cadastral: modelo contendo a representação de determinado tipo de objeto. A divisão política é um modelo cadastral contendo a representação municipal.

Redes: modelo cujas relações de fluxo e conexão entre seus inúmeros elementos, deseja-se representar e monitorar. Rede elétrica, de esgoto, água, etc.

Não Espacial: modelo sem representação espacial, como dados de cadastro rurais e urbanos.

Resultados Parciais

Foram modelados e espacializados todos os parâmetros a partir da geração de grades numéricas e imagens aplicando os interpoladores de Modelo Numérico de Terrenos existentes no Spring, conforme as Fig. 15 e 16 exemplificando a seguir.

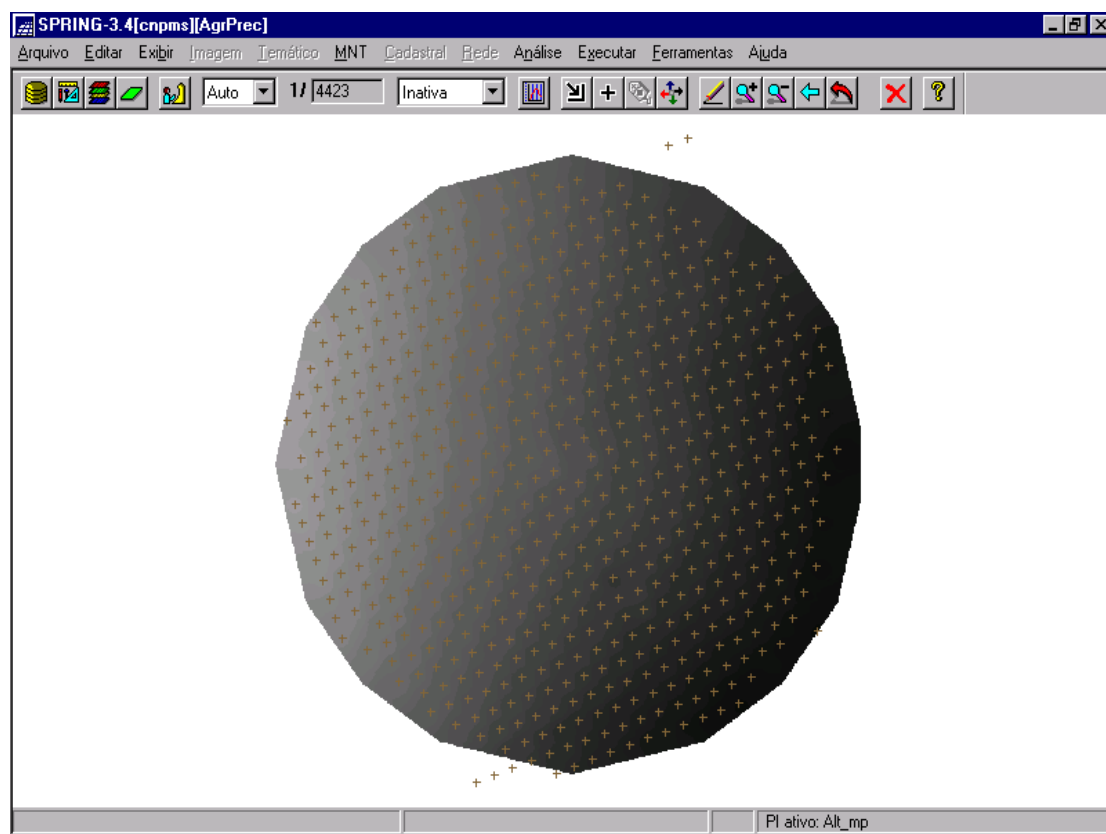


Fig. 15. Espacialização dos dados coletados de altitude da área podendo ser diferenciado as regiões mais altas em tons claros e as regiões baixas em tons escuros.

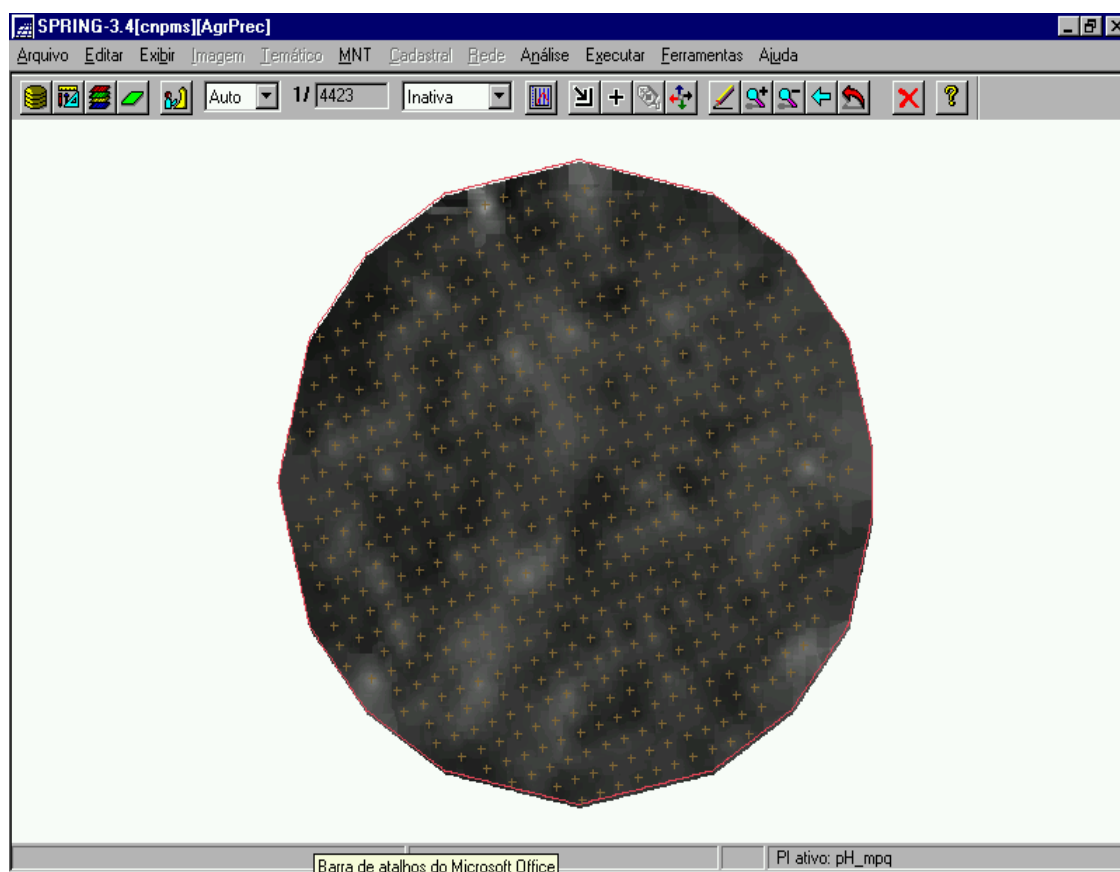


Fig. 16. Exemplo de uma espacialização dos dados de pH do solo da região do pivot.

Considerações e conclusões

As variáveis ambientais tem sido estudadas por muito tempo, isoladamente ou em grupos de pequenas quantidades, através de formatos alfa-numéricos tradicionais, impossibilitando a espacialização, como também dificultando suas interações devido o envolvimento de complexas operações nesse processo devido a inexistência de programas para tal.

A utilização de técnicas informatizadas de geoprocessamento, através de Sistemas de Informação Geográfica – SIG, em estudos com numerosas variáveis, tem possibilitado a criação de banco de dados robustos e o desenvolvimento de diversas tarefas envolvendo a visualização de seu comportamento, bem como sua distribuição e interação entre elas.

O estudo das variáveis ambientais, oriundas dos recursos naturais e com utilização dessas técnicas, tem-se intensificado, possibilitando o desenvolvimento de outras áreas importantes, como a geoestatística e o conceito de manejo sítio específico, amplamente aplicado em Agricultura de Precisão.

É de fundamental importância, no processo de manejo sítio-específico, entender o comportamento das características físicas e químicas do solo, suas interações entre si e com as exigências das culturas, bem como suas localizações e variações espaciais.

A performance desses fatores, poderá ser evidenciada muito mais, através do emprego de técnicas sofisticadas de modelagem. Por outro lado a adoção de técnicas de geoestatísticas poderá demonstrar a variabilidade espacial desses nutrientes.

Para tal, é necessário que todos os dados obtidos sejam coletados com GPS, para que sejam localizados precisamente, passíveis de modelagem, espacialização e cruzamento entre si.

A adoção de técnicas de Geoprocessamento, através dos SIGs estão cada vez mais intensas em vários ramos das atividades humanas, constituindo-se de poderosas ferramentas para manipulação de dados. Hoje em dia usamos tais técnicas na caracterização e monitoramento de recursos naturais, em variadas escalas, nas áreas rurais e urbanas, adotando algoritmos de roteamento e transporte visando facilitar e otimizar serviços.

Os especialistas porém deverão aprofundar-se na utilização de tais ferramentas objetivando o aperfeiçoamento das mesmas. O desempenho dos vários parâmetros das diversas atividades, comportam-se diferentemente, não existindo uma regra geral na utilização dessas técnicas.

Na área das ciências ambientais está havendo um grande aumento no número de informações que necessitam ser manipuladas, os profissionais dessa área devem redirecionar suas pesquisas no sentido de incrementar seus estudos visando um melhor resultado.

O presente trabalho, embora baseado no manual do Spring, é uma demonstração prática da manipulação, tratamento modelagem e espacialização dos dados de um projeto, sem a preocupação de analisar o comportamento desses dados diretamente no campo e entre si.

Referências Bibliográficas

INPE. **SPRING - sistema de processamento de informações georeferenciadas**: release 3.5. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/usuario/index.htm>>. Acesso em: 12 dez. 2000a.

INPE. **SPRING**: tutorial de geoprocessamento. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/teoria/index.html>>. Acesso em: 12 dez. 2000b.

Comunicado Técnico, 5

Embrapa Informática Agropecuária Área de Comunicação e Negócios

Av. Dr. André Tosello s/nº
Cidade Universitária - "Zeferino Vaz"
Barão Geraldo - Caixa Postal 6041
13083-970 - Campinas, SP
Telefone/Fax: (19) 3789-5743
E-mail: sac@cnptia.embrapa.br

1ª edição

© Embrapa 2001

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA,
PECUÁRIA E ABASTECIMENTO



Comitê de Publicações

Presidente: Francisco Xavier Hemerly

Membros efetivos: Amarindo Fausto Soares, Ivanilde Dispatto, Marcia Izabel Fugisawa Souza, José Ruy Porto de Carvalho, Suzilei Almeida Carneiro

Suplentes: Fábio Cesar da Silva, João Francisco Gonçalves Antunes, Luciana Alvim Santos Romani, Maria Angélica de Andrade Leite, Moacir Pedrosa Júnior

Expediente

Supervisor editorial: Ivanilde Dispatto

Normalização bibliográfica: Marcia Izabel Fugisawa Souza

Capa: Intermídia Publicações Científicas

Editoração eletrônica: Intermídia Publicações Científicas